

# Construction d'un gymnase bioclimatique

## Campus du Tampon



**Rendu APS**

**Août 2025**

MAÎTRISE D'OUVRAGE

Université de la Réunion

MAÎTRISE D'OEUVRE

<u>Architecte mandataire</u> CO-ARCHITECTES	<u>BET Structure béton</u> FORT Ingénierie	<u>BET Structure bois</u> Gaujard Technologies	<u>BET Fluides</u> INSET
<u>BET VRD</u> ALTER Ingénierie	<u>BET Paysage</u> ADHOC	<u>BET BIM</u> EPIGRAM	<u>BET QE</u> IMAGEEN

PIÈCE	N°
NOTICE QE 04 - ETUDE ENERGIES RENOUVELABLES	19

# 1.Contexte et objectif

Le gymnase bioclimatique du Tampon fait l'objet d'une volonté forte du maître d'ouvrage de construire un équipement sportif performant tant sur sa conception thermique que sur sa conception énergétique.

Cette volonté se traduit notamment à travers :

- Son PTD (programme technique environnemental) qui s'articule dans une démarche EMC2B (Energie, Matière, Carbone, Climat, Biodiversité)
- Une obligation réglementaire (Article L-171-4-CCH du décret du 18 décembre 2023) concernant l'énergie photovoltaïque
- Une démarche NZEB (bâtiment à énergie quasi nulle) qui consiste à tendre vers une consommation d'énergie finale nette non renouvelable inférieure à 24 kWhEP/m<sup>2</sup>.SU.an pour certains usages (climatisation, ventilation, brasseurs d'air, éclairage et ECS).

Le présent document porte sur la réponse à ces données de conception en matière de conception photovoltaïque.

## 2. Obligation réglementaire

- Synthèse de l'obligation à prendre en compte.

	BATIMENTS ET PARKINGS COUVERTS	
Texte	art. L. 171-4 CCH Décret du 18 décembre 2023	
Objet	Nouveaux bâtiments non résidentiels, extensions et rénovations lourdes y compris parkings couverts	
Champ d'application	<ul style="list-style-type: none"><li>• En 2024 : Concerne les bâtiments commerciaux, industriels, artisanaux, hangars, entrepôts, parkings couverts accessibles au public créant &gt; 500 m<sup>2</sup> et pour les bureaux &gt; 1 000 m<sup>2</sup> d'emprise sol</li><li>• En 2025 : + bureaux, administrations, hôpitaux, écoles, bâtiments sportifs &gt; 500 m<sup>2</sup></li></ul>	
Portée de l'obligation	Doivent intégrer : <ul style="list-style-type: none"><li>• soit un procédé de production d'énergies renouvelables,</li><li>• soit un système de végétalisation basé sur un mode cultural</li><li>• soit tout autre dispositif aboutissant au même résultat</li><li>• et pour les aires de stationnement associées, un dispositif de désimperméabilisation</li></ul>	
Surface de couverture	Obligations réalisées en toiture sauf report sur aires de stationnement associées <ul style="list-style-type: none"><li>• En 2024 : 30 % de la surface de toiture à couvrir</li><li>• En 2026 : 40 % de la surface de toiture à couvrir</li><li>• En 2027 : 50 % de la surface de toiture à couvrir</li></ul>	

➤ Surface à couvrir.

Concernant le gymnase, l'obligation porte sur une surface de toiture à couvrir de 30% soit une surface d'environ 780 m<sup>2</sup>.

surface toiture gymnase	2 262 m <sup>2</sup>
Surface toiture admin hors couverture escalier	336 m <sup>2</sup>
total couverture	2 598 m <sup>2</sup>
décret du 18 décembre 2023 - art L 171-4 CCH jusqu'à 2026	30%
PROJET GBT	
Surface réglementaire à couvrir en PV	779 m <sup>2</sup>

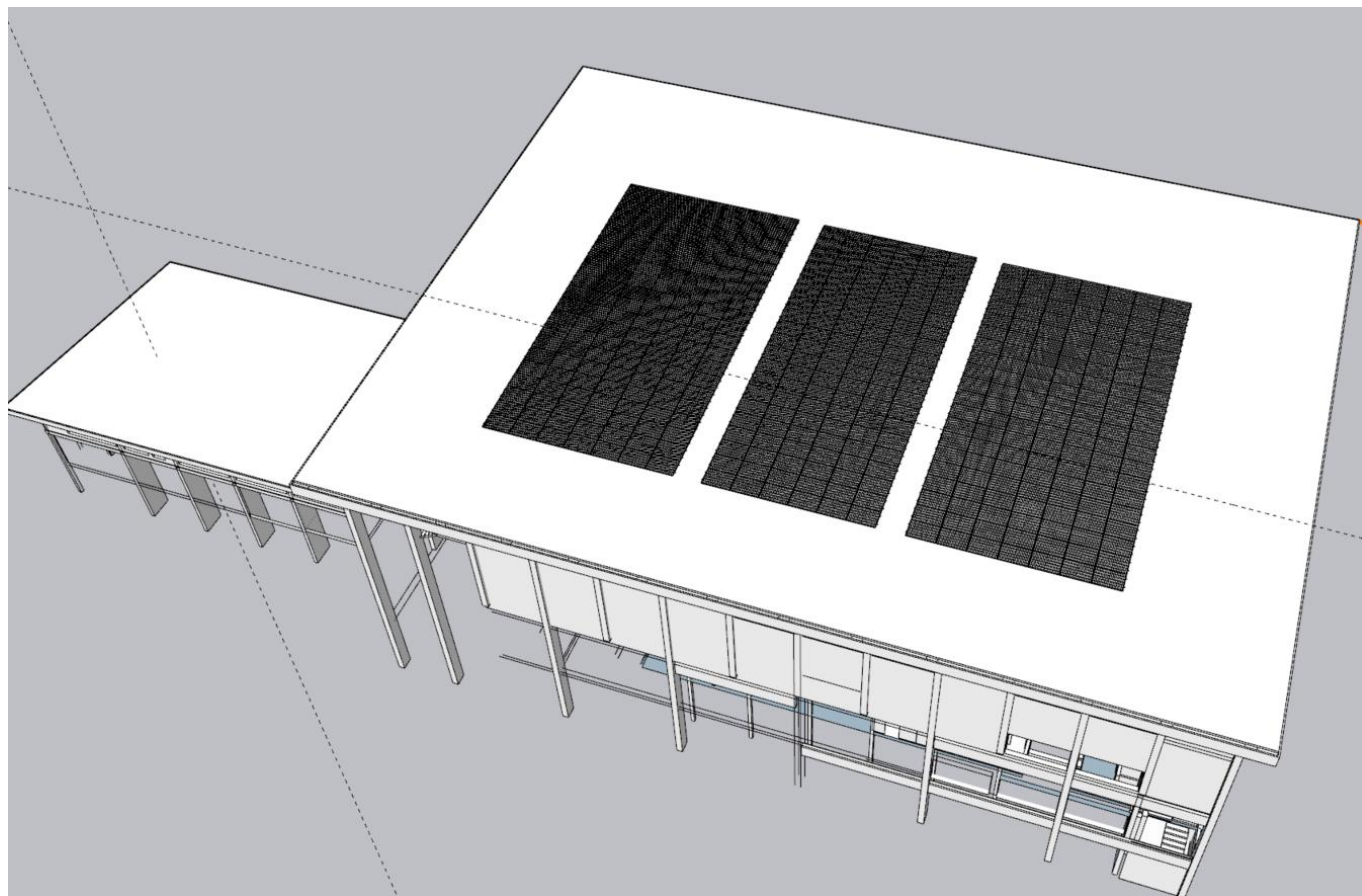
Nous envisageons l'usage de modules photovoltaïques de 450W de surface unitaire 1,95 m<sup>2</sup>.

Ce choix engendre la mise en œuvre d'environ 400 modules soit une puissance installée de 180 kWc.

➤ Implantation estimative phase APS :

3 champs :

- 140 modules - 273,4 m<sup>2</sup> - 63 kWc
- 120 modules - 234,3 m<sup>2</sup> - 54 kWc
- 140 modules - 273,4 m<sup>2</sup> - 63 kWc





La mise en œuvre permet de respecter les recommandations du guide SDIS 974 en vigueur (surface des champs < 300m<sup>2</sup> et circulation périphérique >0,9m).

Le principe de fixation envisagé sur la toiture du gymnase est de type plot SOPRASOLAR ou équivalent disposant d'un ETN pour une implantation dans les DOM.



### ➤ Productible annuel de la centrale photovoltaïque :

Au stade de la phase APS, le productible annuel envisagé pour une installation photovoltaïque de 180 kWc est d'environ 274 000 kWh.



PVsyst V7.4.8  
VC0, Simulation date:  
21/08/25 09:30  
with V7.4.8

Project: Gymnase bioclimatique du Tampon

Variant: simulation APS

BET Imageen (France (La Réunion))

#### Main results

##### System Production

Produced Energy

273775 kWh/year

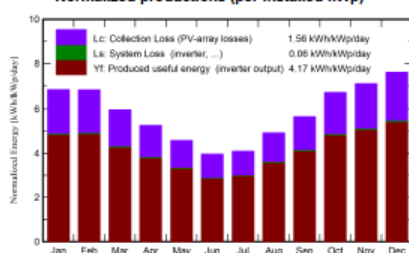
Specific production

1521 kWh/kWp/year

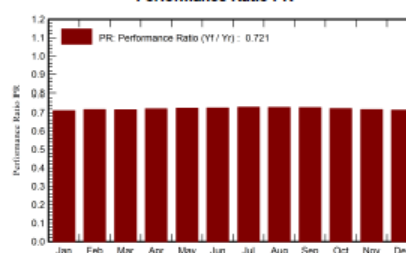
Perf. Ratio PR

72.07 %

##### Normalized productions (per installed kWp)



##### Performance Ratio PR



#### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	211.9	73.77	26.80	211.2	169.1	27404	27043	0.711
February	190.1	71.13	26.74	190.6	153.2	24917	24598	0.717
March	183.0	66.05	26.30	185.2	148.2	24195	23879	0.716
April	154.0	54.89	25.05	158.0	126.0	20783	20513	0.721
May	136.9	46.00	23.59	142.0	112.8	18792	18543	0.725
June	113.8	34.88	21.70	118.8	93.8	15743	15520	0.726
July	121.9	46.31	21.06	126.9	100.5	16907	16679	0.730
August	148.0	40.94	21.18	152.6	121.5	20300	20032	0.729
September	166.9	55.33	21.61	169.8	135.7	22545	22250	0.728
October	206.1	65.11	23.21	207.3	166.0	27320	26968	0.723
November	213.1	58.67	24.36	212.4	170.4	27795	27433	0.718
December	237.3	67.96	26.13	235.7	189.2	30710	30317	0.714
Year	2083.0	681.04	23.96	2110.4	1686.6	277411	273775	0.721

#### Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T\_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array

E\_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio

➤ Equipements :

L'installation photovoltaïque sera composée de :

- 400 modules photovoltaïques installés en toiture du gymnase sur des plots de type SOPRASOLAR
- 2 onduleurs de type SMA – Sunny Hightpower SHP 100-21-PEAK3
- Des chemins de câble anti UV
- Un tableau photovoltaïque situé dans le TGBT disposant de tous les dispositifs de protection et de monitoring
- Un inter sectionneur général dans le TGBT
- Un arrêt d'urgence photovoltaïque en façade du gymnase à proximité immédiate de l'arrêt d'urgence général du bâtiment.

➤ Couverture des besoins :

Les besoins énergétiques ont été estimés par SED (simulation énergétique dynamique).

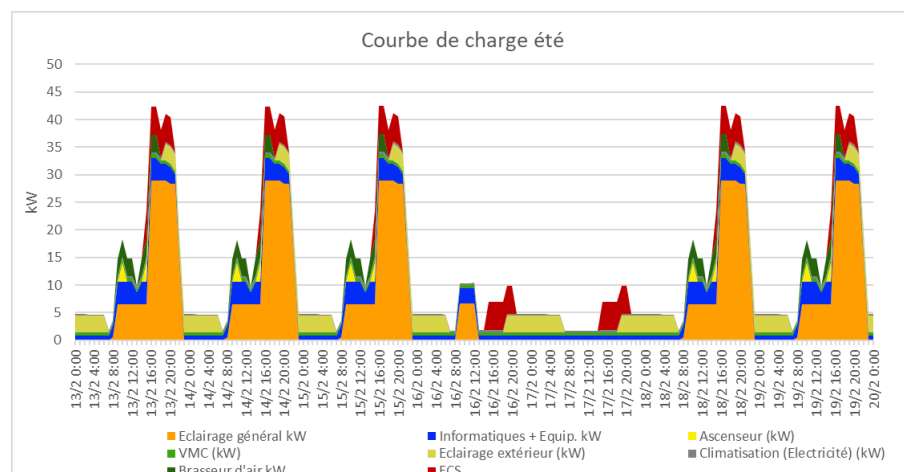
surface utile	4056 m <sup>2</sup>
surface climatisée	7 m <sup>2</sup>

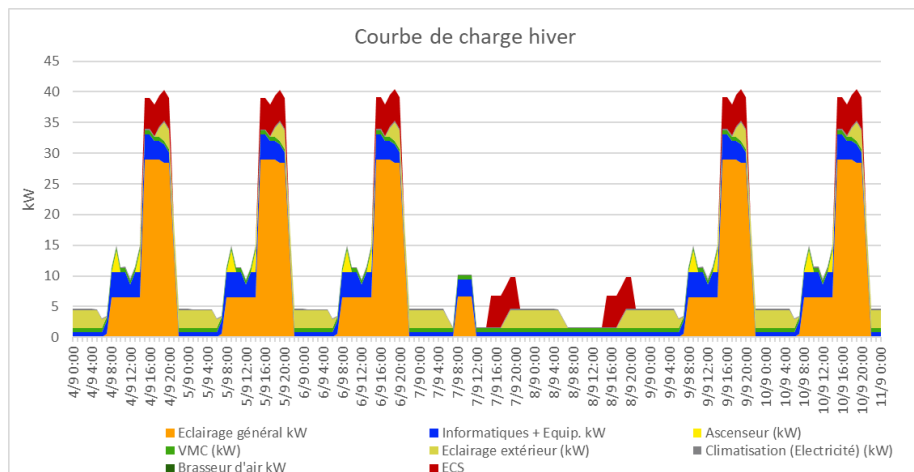
	P électrique installée	temps de fonctionnement journalier	Nb de jour dans l'année	temps de fonctionnement annuel	foisonnement	Période de fonctionnement	Consommation estimative annuelle	
Eclairage intérieur	Issue de la SED						55 928 kWh/an	
Eclairage extérieur							6 023 kWh/an	
PC et équipement							17 257 kWh/an	
Eau chaude	Issue de la note de calcul du BE fluide						11 214 kWh/an	
VMC	Issue de la SED						5 331 kWh/an	
Brasseur d'air							3 876 kWh/an	
Climatisation LT							2 096 kWh/an	
Ascenseurs							1 827 kWh/an	
							total	103 552 kWh/an
							ratio énergétique total	26 kWh/an/m²

Au stade de la phase APS, le besoin énergétique annuel est de 103,5 MWh.

Celui-ci sera affiné au cours des phases suivantes en fonction de la précision des études fluides et architecturales et des observations du maître d'ouvrage.

Les profils de charges moyens été et hiver tenant compte du prédimensionnement des lots fluides sont les suivants :





La mise en œuvre d'une installation de 180 kWc conduira à la production de 274 MWh décomposés mensuellement de la façon suivante :

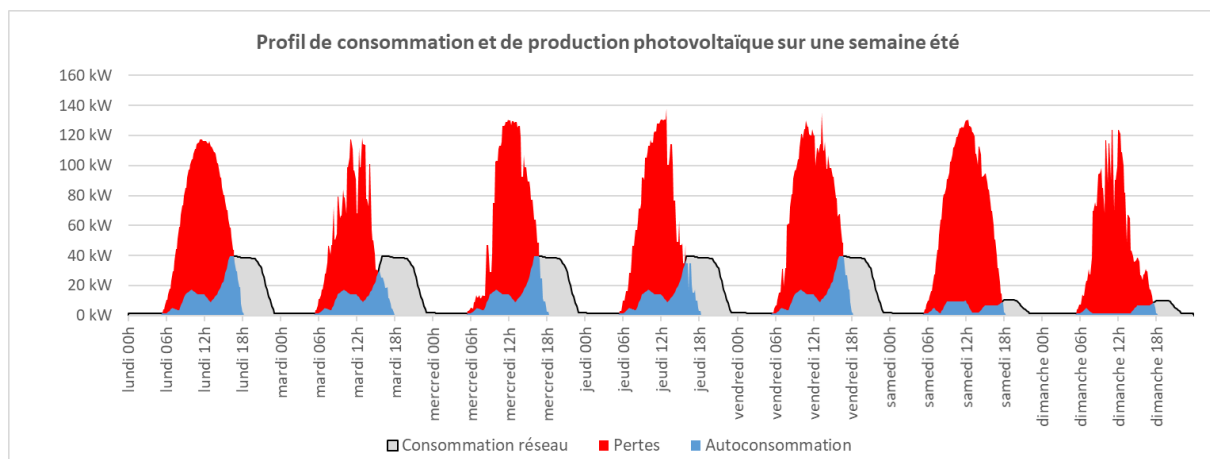
Résultats PVSYST - Sommes horaires mensuelles en kWh

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Janv	0	0	0	0	0	0	265	1122	2102	2746	3386	3301	3471	3211	2721	2245	1585	779	114	0	0	0	0	0
Fév	0	0	0	0	0	0	45	812	1694	2377	2947	3088	3107	3007	2710	2297	1664	780	72	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0	4	716	1617	2428	2966	3107	3164	3116	2762	2155	1357	486	3	0	0	0	0	0
Avril	0	0	0	0	0	0	0	571	1464	2196	2716	2828	2874	2676	2356	1730	930	176	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0	0	408	1221	1928	2446	2797	2760	2554	2198	1521	689	25	0	0	0	0	0	0
Juin	0	0	0	0	0	0	0	263	955	1646	2088	2314	2318	2184	1886	1298	563	9	0	0	0	0	0	0
Juil	0	0	0	0	0	0	0	251	1019	1721	2245	2502	2539	2357	1963	1385	668	34	0	0	0	0	0	0
Août	0	0	0	0	0	0	0	425	1234	1986	2486	2820	2902	2816	2423	1804	992	148	0	0	0	0	0	0
Sept	0	0	0	0	0	0	25	835	1701	2414	2922	3122	2964	2774	2385	1807	1048	256	0	0	0	0	0	0
Oct	0	0	0	0	0	0	333	1323	2217	2880	3340	3502	3495	3234	2837	2192	1277	342	0	0	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0	508	1424	2257	2869	3299	3392	3404	3312	2891	2223	1377	476	7	0	0	0	0	0
Déc	0	0	0	0	0	0	512	1480	2359	3059	3518	3662	3831	3659	3124	2552	1719	787	59	0	0	0	0	0

Le profil de production été et de consommation été établis ci-dessous met en avant un certain décalage entre les deux courbes.

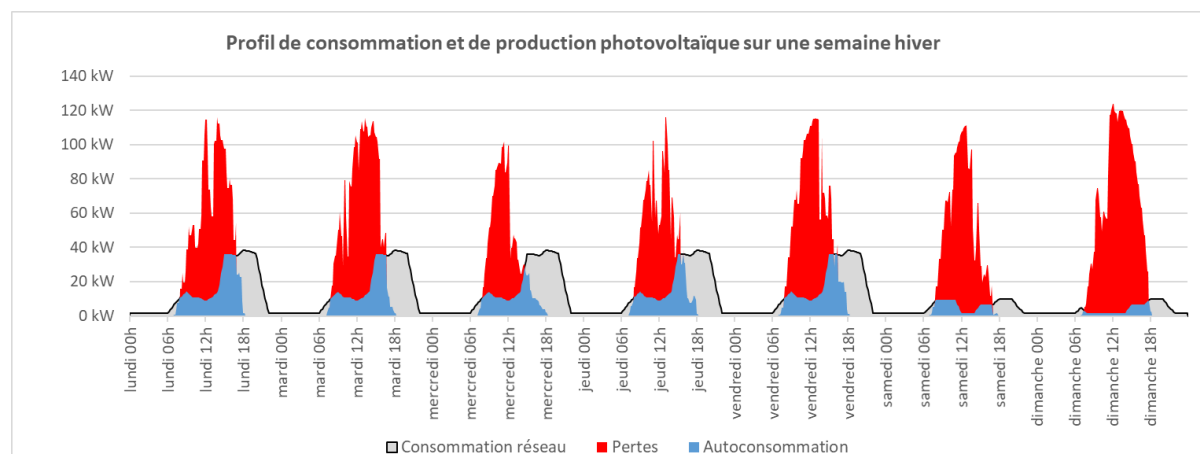
La production à lieu entre 6h et 18h tandis que les besoins, essentiellement représentés par l'éclairage, ont lieu en fin d'après midi et le en début de soirée.

La production est largement au-dessus du besoin car elle est imposée par l'obligation réglementaire de couvrir 30% de la toiture.



Le constat est identique en période hiver.

La production à lieu entre 7h et 17h tandis que les besoins, essentiellement représentés par l'éclairage, ont lieu en fin d'après-midi et le en début de soirée.



Les principaux résultats de la simulation sont les suivants :

Résultats annuels			
	Eté	Hiver	Total
Consommation annuelle	61 MWh	42 MWh	104 MWh/an
Production PV	181 MWh	93 MWh	274 MWh/an
Autoconsommation	31 MWh	20 MWh	51 MWh/an
Pertes	149 MWh	73 MWh	223 MWh/an
Taux d'Autoconsommation	17,31%	21,41%	18,70%
Taux d'Autoproduction	50,9%	47,3%	49,5%
CO2 évité	11,42 tCO2	7,27 tCO2	18,69 tCO2

$$\text{Taux d'autoconsommation} = \frac{\text{Consommation de la production d'électricité PV sur site}}{\text{Production d'électricité PV totale}} = \frac{51}{274} = 18,7\%$$

$$\text{Taux d'autoproduction} = \frac{\text{Production d'électricité PV consommée sur site}}{\text{Consommation d'électricité totale}} = \frac{274}{104} = 49,5\%$$

L'installation photovoltaïque produit 274 MWh /an consommés à 18,7% par les installations du site. Cette production couvre 49,5% des besoins.

Pour rappel, les objectifs mentionnés dans le tableau EMC2B indiquent :

- Un taux d'autoconsommation de 100%
- Un taux d'autoproduction de 50%

Compte tenu de l'exigence réglementaire qui demande de couvrir 30% de la toiture, le taux d'autoconsommation à 100% n'est pas atteignable.

La mise en œuvre d'une solution de batterie augmenterait le taux d'autoconsommation à 38% et un taux d'autoproduction à 100%. Mais cette solution est très coûteuse en termes d'investissement (budget photovoltaïque multiplié par 2), d'entretien et de renouvellement (durée de vie d'environ 10 ans).

Nous proposons au maître d'ouvrage d'injecter la production photovoltaïque excédentaire produit par le gymnase bioclimatique au niveau d'un des 3 postes de transformation du site situé au plus proche du projet afin de faire bénéficier au campus.

Si cette solution est retenue par le maître d'ouvrage, nous compléterons notre étude APD en ce sens et orienterons la productions des pièces écrites et graphiques du lot photovoltaïque en ce sens.

Le taux d'autoproduction envisagé est de 49,5%. Celui-ci répond presque à l'exigence fixée à 50%.

La conception sera optimisée à la phase APD.

### 3. Exigence NZEB

« NZEB » signifie Bâtiment à Énergie Quasi Nulle, avec une consommation d'énergie primaire nette inférieure à 24 kWhEP/m<sup>2</sup>Utile.an.

Cette exigence concerne spécifiquement certains usages du bâtiment, à savoir :

- la climatisation de confort (sans objet sur ce projet)
- la ventilation mécanique, y compris les brasseurs d'air
- l'éclairage
- la production d'eau chaude sanitaire (ECS).

La consommation de ces usages représentent 84,5 MWh/an soit un ratio de consommation de 20,8 kW/m<sup>2</sup>.an.

Usage NZEB	Consommation
Production et auxiliaires de refroidissement actif	2 096 kWh/an
Auxiliaires de ventilation	9 207 kWh/an
Eclairage intérieur et extérieur	61 950 kWh/an
Eau chaude sanitaire ECS	11 214 kWh/an

Consommation NZEB	84 468 kWh/an
Production photovoltaïque autoconsommée	51 210 kWh/an

Ratio de consommation NZEB - EF	8,2 kWh EF/an/m <sup>2</sup>
Ratio de consommation NZEB - EP	23,6 kWh EF/an/m <sup>2</sup>

Avec une autoconsommation de la production photovoltaïque de 51 MWh/an permet d'atteindre un ratio de consommation en énergie primaire de 23,6 kWh<sub>EP</sub>/an/m<sup>2</sup>.

NOTA :

- L'exigence NZEB ne permet pas une solution de revente.
- Un AMI est actuellement en cours (date de limite de dépôt de dossier le 30 octobre 2025) avec un financement FEDER



## AMI AUTOCONSOMMATION SANS REVENTE

la Région Réunion a sorti un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) dédié au financement de centrales photovoltaïques en autoconsommation sans revente de surplus, spécifiquement destiné aux secteurs tertiaires, public et industriel.

Cet AMI constitue une opportunité stratégique pour :

- Réduire sa dépendance énergétique et ses coûts de fonctionnement ;
- Valoriser les toitures, parkings ou fonciers sous-utilisés ;
- Produire et consommer une énergie solaire locale, sans injection au réseau ;
- Bénéficier d'un cofinancement public dans un cadre stabilisé.

### Principales caractéristiques de l'AMI :

- Installations éligibles : projets neufs ou extensions en autoconsommation totale (sans injection de surplus) ;
- Taux minimal d'autoconsommation : au moins 70 % de la production doit être consommée sur site;
- Stockage non éligible, mais possibilité d'alimenter des IRVE internes à l'établissement bénéficiaire;
- Étude de faisabilité obligatoire, réalisée par un bureau d'études indépendant.

Bénéficiaires :

Cet appel s'adresse aux entreprises, établissements publics, collectivités locales et associations implantés à La Réunion.

Montant de l'aide :

Le soutien public, combinant financements FEDER et Région Réunion, peut représenter entre 35 % et 45 % des dépenses éligibles, selon la nature et la taille du porteur de projet.

Modalités de dépôt :

- Date limite de dépôt : le 30 octobre 2025 à 12h00 (heure de La Réunion) ;
- Soumission en ligne via le Portail régional des aides FEDER-FSE+

### Le dossier devra notamment comporter :

- Une présentation détaillée du projet (localisation, usage, maîtrise foncière) ;
- Le rapport d'étude de faisabilité ;
- Un plan de financement prévisionnel ;
- Les autorisations et pièces administratives requises.